

## **Zobecnění kontrolních postupů při znaleckém posuzování stavu a porušení objektů při ražbě tunelu**

The Generalization of Control Procedures for the Expert Evidence of Conditions and Defects of the Buildings During the Excavation of Tunnel

*ABSTRAKT: Při ražbě Královopolského tunelu pod ulicemi Dobrovského a Veleslavínova v Brně v období roku 2001–2007 docházelo k poruchám na domech stávající zástavby. Během ražby i po ní byly sledovány poruchy a měřeny deformace a náklony a ty byly zaznamenávány v časových závislostech.*

*KLÍČOVÁ SLOVA: znalec, znalecký posudek, ražba, poruchy, měření deformací, náklony, časové závislosti*

*ABSTRACT: In the course of the excavation of Královopolský tunnel, situated under Dobrovského and Veleslavínova streets in Brno, from 2001 to 2007 some malfunctions occurred in the houses of the existing built-up area. During the excavation as well as after it the malfunctions were monitored and the deformations and inclinations were measured and recorded in the time-dependency.*

*KEYWORDS: expert witness, expert opinion, excavation, malfunctions, deformation measurements, inclinations, time-dependency*

### **1. ÚVOD**

Při podzemních pracích v městské zástavbě se mohou u objektů, které se nalézají nad místem výstavby objevit poruchy, které jsou způsobeny poklesem terénu (poklesová kotlina). Poruchy, které mohou na objektu vzniknout, závisí na druhu stavebního materiálu, ze kterého je objekt postaven. Jinak reagují stavby panelové, jinak ocelové nebo zděné. Chování staveb závisí na mnoha faktorech, jako například na rychlosti výstavby podzemního díla, hloubce podzemního díla pod základy budovy, na geologických podmínkách aj. Objekty se před a v průběhu výstavby podzemních prací, např. ražby tunelu, musí sledovat a jakékoliv změny je nutno zaznamenávat. V předpokládaných místech poklesu je nutné i případné stažení objektů.

Pro demonstraci postupů při znaleckých posudcích byl vybrán objekt v Brně, Dobrovského ul. č. 1, č.p. 157, a to z důvodu jeho polohy přímo nad tubusem silničního tunelu, jenž je v hloubce 13 m, kde se vlivem ražby tunelu předpokládal vznik poruch (poklesová kotlina).

### **2. MONITOROVÁNÍ OBJEKTŮ**

Monitorování objektů je jedním z možných přístupů k hodnocení stavebních konstrukcí. Monitorování konstrukcí je závislé na důležitosti budovy. Starší budovy se monitorují na žádost statiků, s ohledem na jejich stav. Nové budovy se pak monitorují nejčastěji ve vztahu k pracím na sousedních objektech nebo pod nimi.

#### **2.1 Zásady při monitorování staveb (dle ČSN EN 1997-1)**

Zásady vycházejí ze zajišťování bezpečnosti a kvality konstrukce a proto je nutno klást důraz na dozor a proces výstavby a kvalitu prací, který má zahrnovat:

- kontrolu platnosti předpokladů projektu,
- zjištění rozdílu mezi skutečnými poměry a těmi předpokládanými v projektu,
- kontrolu, zda se stavba provádí dle projektu.

Sledování chování konstrukce a jejího okolí během stavby a po jejím dokončení má obsahovat:

- zjištění případné potřeby nápravných opatření nebo změn stavebních postupů,
- během výstavby a po ní vyhodnocení dlouhodobého chování,
- v případě nepředvídaných událostí přezkoumání metod a frekvence a kvality monitoringu,
- návrhová rozhodnutí, která ovlivňují výsledky dozoru a monitoringu,
- odpovídající ošetření konstrukce po provedení prací.

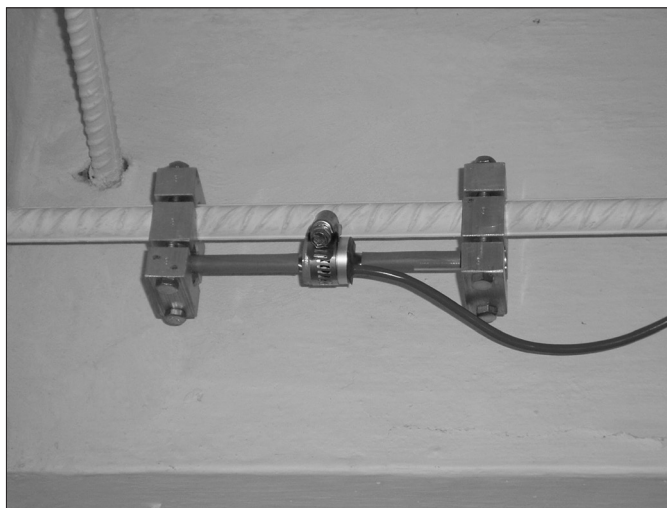
#### **2.2 Metody měření na objektu Dobrovského 1**

U objektu byla prováděna následující měření:

- pro měření nivelačními metodami byl použit digitální nivelační přístroj DiNi 12T v kombinaci s latěmi a čárovým kódem, pro zjištění výškových posunů,
- pro měření sklonu byly použity přenosné klinometry CLINOTRONIC 10 (vyvinuté firmou Inset s.r.o.), měřící

Dodáno autorem do redakce 15. 3. 2016. • Recenzní řízení od 15. 3. do 28. 3. 2016.

Ing. Rostislav Kostka, doktorand oboru soudní inženýrství, VUT v Brně, e-mail: kostka@email.cz



Obr. 1 Tenzometr Geokon.  
Figure 1 Geokon to gauge rod.

úhlové rozlišení; testovaný přístroj je velmi přesný; současně s měřením je měřena i povrchová teplota zdíva pro eliminaci vlivu teplotní roztažnosti.

Deformometrické měření bylo prováděno přenosnými ručními měřidly (sázecími deformometry) vyvinutými firmou Inset s.r.o. Deformometry měří rozteče měřících terčíků se jmenovitou roztečí 300 mm, tolerancí polohy  $\pm 5$  mm a v teplotním rozsahu od 10 °C do 30 °C. Deformometry jsou vyrobeny z materiálů s nízkou tepelnou roztažností. Dále zde bylo použito tenzometrů Geokon na táhlech pro deformometrické měření s automatickým odečtem (obr. 1).

- popis objektu urbanisticko-architektonický,
- popis objektu stavebně historický,
- popis konstrukcí stavebně technický,
- zhodnocení poruch objektu před prováděnou ražbou a provedení zabezpečovacích opatření, nález pro znalecký posudek,
- zhodnocení stavu objektu před zahájením prací, posudek před provedením prací,
- statické zhodnocení objektu z hlediska poruch vyvolaných sedáním a náklonů stavby, statický nález,
- znalecký posudek – doporučené statické zabezpečení objektu,
- vyhodnocení poruch z hlediska nákladů [3].

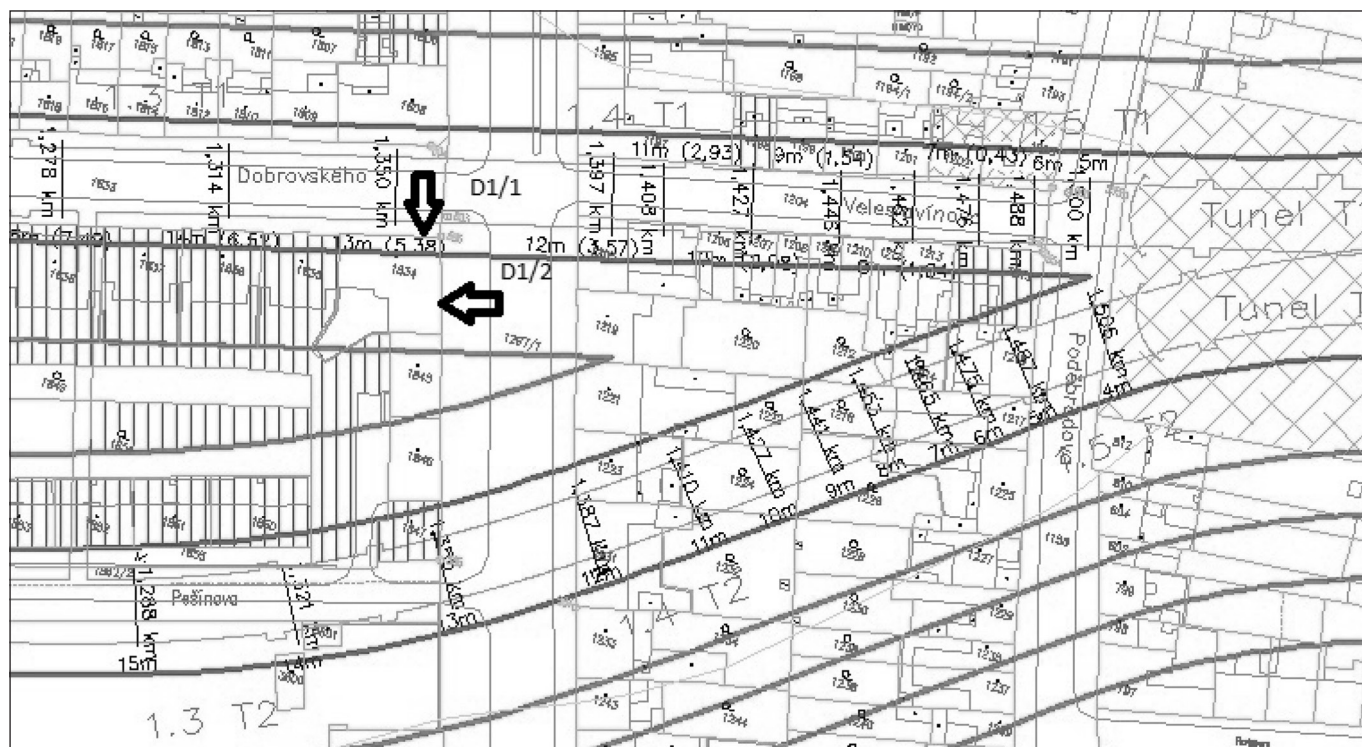
### 3.2 Popis objektu urbanisticko-architektonický

Vybraný objekt leží z hlediska urbanistického v rozsáhlé obytné zástavbě Brno, Královo Pole. Pro zrychlení dopravy v Brně a propojení severozápadní části Brna se severovýchodní částí bylo rozhodnuto vedení stavby částečně pod zemí. Tunely procházejí pod obytnou zástavbou ve dvou větvích (tubusech) (obr. 2). Před počátkem výstavby, bylo nutno v dostatečném předstihu provést průzkum, ten probíhal v letech 2000–2003.

Nadloží tunelů se pohybovalo pouze v rozmezí 5 až 20 m, při šířce výrubu 14 m a charakteristikou nadložních vrstev se vylučuje vytvoření horninové klenby.

Konstrukce ražených tunelů byla navržena dvouplášťová s mezilehlou uzavřenou tlakovou hydroizolací ze svařované folie PVC. Tunelová konstrukce byla budována z primárního nosného ostění a sekundárního trvale nosného ostění.

Vybraný objekt Dobrovského 1 má památkově chráněné uliční průčelí, které je zapsáno do státního seznamu kulturních památek Jihomoravského kraje.



Obr. 2 Výřez ze situace s patrným situováním dvou tunelových trub ve vztahu k povrchové zástavbě Dobrovského 1.  
Figure 2 The situation cut-out with noticeable positioning of the tunnel tubes in relation to the surface area Dobrovského street No. 1.



Obr. 3 Objekt Brno, Dobrovského 1 před ražbou tunelu.  
Figure 3 The building Brno, Dobrovského 1 before the tunnel excavation.

### 3.3 Popis objektu stavebně historický

Tento průzkum se provádí také v předstihu, před stavebně-technickým průzkumem a před zahájením projekčních prací. Dům byl vystavěn v roce 1896 (Obr. 3). Rekonstrukce a stavební úpravy byly prováděny podle potřeby vlastníků v roce 1978 a další modernizace v roce 2006. V tomto roce bylo provedeno také statické zajištění objektu.

### 3.4 Popis konstrukcí stavebně technický

V rámci konstrukčního průzkumu se zaměřujeme především na zjištění stavu všech konstrukcí. Na tomto objektu (bytovém domě se 14 bytovými jednotkami) byly popsány tyto konstrukční části:

- základové konstrukce – předpokládá se, že jsou tvořeny cihelnými nebo betonovými pasy bez svislé izolace proti zemi vlhkosti a tlakové vodě; stupeň opotřebení nelze stanovit,
- svislé nosné konstrukce – cihelné zdivo 1. PP a 1. NP v tloušťce 600 mm, v dalších NP 450 mm; stupeň opotřebení

2 – lehká rozrušení (trhliny do tloušťky 5 mm), vlhkost a opadávání omítek,

- vodorovné nosné konstrukce – nad 1. PP je stropní konstrukce tvořena cihelnou klenbou valenou, nad 1. NP až 5. NP je dřevěná trámová konstrukce s rovným podhledem, stupeň opotřebení 2 – lehká rozrušení (trhliny do tloušťky 5 mm),
- střešní konstrukce – střecha je sedlového tvaru s dřevěným krovem, stupeň opotřebení 1 – první známky poškození,
- omítky v 1. NP až 5. NP – vnitřní omítka je vápenná hlazená, štuková, stupeň opotřebení 2 – lehká rozrušení (trhliny do tloušťky 5 mm), místy opadaná vlhkostí,
- podlahové konstrukce – v 1. PP jsou podlahy z betonové mazaniny, v dalších podlažích je hlavně keramická dlažba a dřevěné podlahy, na schodištích je teracová dlažba [1].

### 3.5 Zhodnocení poruch objektu před prováděnou ražbou a provedení zabezpečovacích opatření

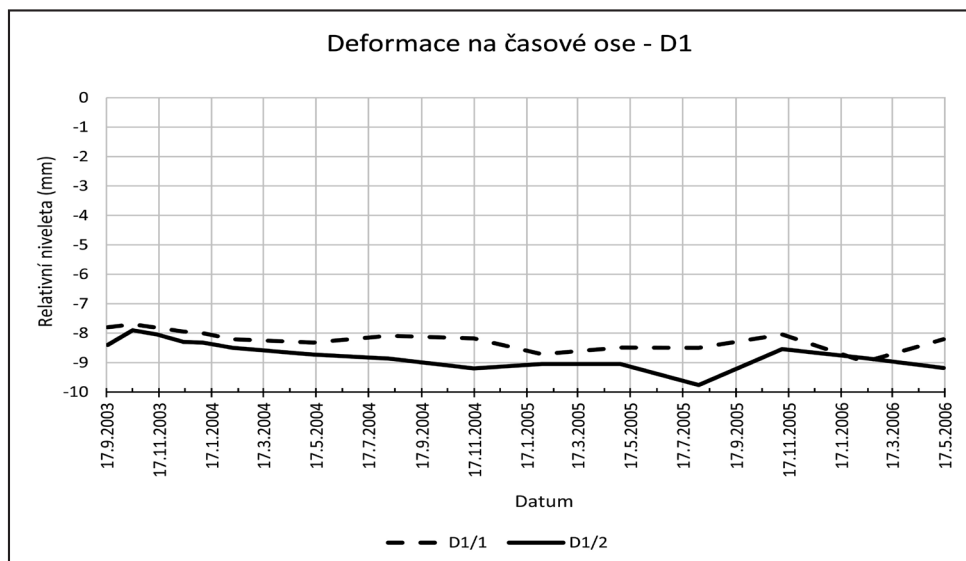
Objekt se nachází v dobrém stavebně technickém stavu, je udržován, nejsou na něm viditelné žádné závažné poruchy. Pouze dilatační spáry mezi tímto objektem a objekty sousedními (Palackého tř. 7a a Dobrovského 3) jsou narušeny svislou trhlinou do tloušťky 10 mm. Nad sklepními okny z východní a severní strany se vyskytují drobné svislé a šikmé trhlinky, tloušťky 1–2 mm, probíhající převážně od rohu okna vzhůru. Nejde o nové trhlinky, ale o zvýrazněné staré; dá se předpokládat, že hlavní poruchy jsou zapříčiněny dopravou z ulice Palackého a Dobrovského.

Stavebně technický stav je označen skupinou 2 – lehké rozrušení s malými škodami. Stávající porušení neovlivňuje statiku objektu.

### 3.6 Zabezpečovací opatření před zahájením prací

V dostatečném předstihu před zahájením ražby tunelu je nutno provést zabezpečení domu; v tomto případě to bylo provedeno v letech 2004–2005. Byly prováděny tyto práce:

- v 1. PP a v 1. NP objektu byly osazeny ocelové ztužující rámy v oslabených průřezích nosných stěn, byl podepřen strop dřevěnou konstrukcí (výdřevou),



Obr. 4 Časový průběh sedání.  
Figure 4 A time course of subsidence.



- ve 2.NP objektu byly osazeny ocelové ztužující rámy v oslabených průřezích nosných stěn a předpinací lana typu Monostrand pod úrovní stropní konstrukce,
- krov byl v místě styku krokvi a vazných trámů ztužen dřevěnou styčnickovou deskou, krokve v místě plných vazeb byly pod hřebenem staženy.

### 3.7 Statické zhodnocení objektu z hlediska poruch vyvolaných sedáním a náklony stavby v průběhu ražby tunelů

Měření bylo plánováno a následně provedeno od počátku ražby tunelu až do dokončení jedenkrát týdně.

Pro popis byly vybrány náhodně dva z měřených bodů (na tomto objektu bylo měření prováděno na 5 bodech o přibližně stejných pohybech), označené D1/1 a D1/2, ležící na uliční fasádě poblíž okna v soklovém zdivu objektu.

Na obr. 4 je znázorněn průběh poklesů od počátku ražby tunelu až po dokončení. Čárkovaná křivka na obrázku znázorňuje stav zvýšené ostražitosti, kdy je celkový maximální pokles mezi 20 a 40 mm a kdy je zároveň celkový sklon poklesové křivky mezi 1:800 a 1:650.

Plná křivka zobrazuje stav předkritický, kdy je celkový maximální pokles mezi 40 a 60 mm a kdy je zároveň celkový sklon poklesové křivky mezi 1:650 a 1:500.

Mezní kritický stav (havarijní) se pak označuje celkový maximální pokles větší než 60 mm, kdy zároveň je celkový sklon poklesové křivky menší než 1:500 [4].

Vzhledem ke skutečnostem zjištěným v průběhu místního šetření, k uvedeným nejistotám a rizikům, bylo konstatováno:

Maximální hodnota konečného celkového sednutí a nerovnoměrného sednutí pro daný typ stavební konstrukce je v souladu s požadavkem mezního stavu použitelnosti stavební konstrukce předepsána v tabulce č. 19, ČSN 73 1001. Konečné celkové sednutí je v této tabulce předepsáno hodnotou max. 80 mm, nerovnoměrné sednutí je definováno jako 0,0015 násobek délky posuzovaného objektu [1].

Tyto mezní hodnoty je však možno v plné hodnotě používat pro posouzení mezního stavu v případě novostavby. Část povolených mezních hodnot sednutí objektu již byla nepochybně vyčerpána v průběhu životnosti posuzovaného objektu, stejně jako část odolnosti jeho nosné konstrukce vůči vynuceným napětím vlivem nerovnoměrného sedání základů. Tato skutečnost je zohledněna u deformační odolnosti objektu.

Deformační odolnost objektu již byla vyčerpána z 30 %. Tato hodnota byla stanovena znalcem kvalifikovaným odhadem a to na základě objektivního stavu objektu [1].

### 3.8 Doporučené statické zabezpečení objektu

Statické zajištění objektu bylo navrženo a provedeno podle projektové dokumentace.

### 3.9 Vyhodnocení poruch z hlediska nákladů

V tomto článku nebylo uvažováno. Po dokončení ražby tunelu byly všechny objekty opraveny a revitalizovány, příklad je na (obr. 5).

## 4. ZÁVĚR

Na tomto objektu Dobrovského I prováděla firma INSET s.r.o. Brno, pasportizace a zjištění rozsahu poškození konstrukcí.



Obr. 5 Objekt Dobrovského 1 po revitalizaci.  
Figure 5 The building Dobrovského 1 after the revitalization.

V letech 2004 až 2005 byly zjištěny původní trhliny ve stěnách i ve stropních konstrukcích (trhliny tloušťky od vlasové až do 3 mm), trhliny v obvodovém fasádním zdivu (trhliny tloušťky až 3 mm), trhliny v prostoru dilatačních spár (mezi budovami) tloušťky až 10 mm. Dále pak v období let 2005 až 2006, v období ražby tunelu, již nedocházelo k rozvoji poruch, přírůstek nových poruch v uplynulém období je minimální. Stav objektu z pohledu vývoje jeho poškození v letech 2005 až 2006 lze považovat za stabilizovaný.

V rámci průběžného monitoringu objektů stavby „Silnice I/42 Brno, VMO Dobrovského B“ byla prováděna měření nivelací i náklonů objektu. Náklonoměrné body byly umístěny tak, aby bylo možné odečíst náklon jak v podélném, tak v příčném směru (vzhledem k ose tunelu). Deformometrická měření (měření šířky trhliny) lze provádět na již vzniklých trhlinách, podle vývoje deformací (lze použít technologii, jež nevyžaduje zásah do stávajících omítek, například posuvný měřicí proužek) [4].

Zvolené postupy a druhy monitorování, taktéž zabezpečení objektu před ražbou prokázaly, že byly navrženy v souladu s původními předpoklady.

## 5. LITERATURA

- [1] RŮŽIČKA J.: *Závěrečná zpráva. Soudně znalecká dokumentace-Královopolského tunelu-stavba „Silnice I/42 Brno, VMO Dobrovského“*. Brno, duben 2007. 8s.
- [2] BRADÁČ A. a kol.: *Soudní inženýrství*. CERM Akademické nakladatelství, Brno, 1999, 725 s. ISBN 80-7204-133-9
- [3] VLČEK M., MOUDRÝ I., NOVOTNÝ M., BENEŠ P., MACEKOVÁ V.: *Poruchy a rekonstrukce staveb*. ERA groupspol, Brno, 2006.
- [4] Firma INSET s.r.o. *Stavebně technický průzkum stávající povrchové zástavby nad tunelem Silnice I/42 Brno, VMO Dobrovského B“, SO 617.84 Dobrovského 13“*. 2000, 20 s.